

Translated Summary of Japanese First Office Action (JP2004-257697)

Reason: Patent Law 36(6)2 <Clarity>

- Rejected Claims: 1
- Comments:

The claim 1 describes “the center of the second joint”, but the technical definition and scope thereof is not clear.

Reason: Patent Law 39(1) <Double Patent>

- Rejected Claims: 1
- Comments:

The cited reference 1 is filed prior to the present application by the same applicant, and the difference in features between the cited reference 1 and the present application simply implies that the cited reference 1 has a limitative concept of the present application.

Cited Reference 1: JP 2006-62057A (JP Application No. 2004-250418)

---- End ----

拒絶理由通知書

P38817



特許出願の番号	特願 2004-257697
起案日	平成 21 年 12 月 14 日
特許庁審査官	松浦 陽 3752 3U00
特許出願人代理人	磯野 道造 様
適用条文	第 36 条、第 39 条

この出願は、次の理由によって拒絶をすべきものです。これについて意見がありましたら、この通知書の発送の日から 60 日以内に意見書を提出してください。

理 由

【理由 1】この出願は、特許請求の範囲の記載が下記の点で、特許法第 36 条第 6 項第 2 号に規定する要件を満たしていない。

記

・請求項 1

(1) 請求項 1 において「第二の関節の中心」とあるけれども、係る用語の定義及び技術的範囲が不明である。

特に、「第二の関節」がある一軸周りの回転のみが可能な関節である場合、回転軸の長手方向の中心をどのように定めればよいのかが明らかでない。

【理由 2】この出願の下記の請求項に係る発明は、その出願日前の下記の出願に係る発明と同一であるから、特許法第 39 条第 1 項の規定により特許を受けることができない。

記

・請求項 1

・先願 1

(2) 引用文献等 1 に示される出願は、本願出願人により、本願より先にされた出願（以下「先願」という）である。

先願の請求項 21 に係る発明と、本願請求項 1 に係る発明とを対比すると、先願発明が、「足平部は、接地時に撓みつつ自重を支持する板バネ部」と、「床反力検出器」が「ユニット化」されている点と、を有しているのに対し、本願発明に係る構成を有していない点で一応相違する。

以上のとおりであるので、本願請求項 1 に係る発明は、先願請求項 2 1 に係る発明と、実質的に同一であると言わざるを得ない。

1. 特願2004-250418号 (特開2006-062057号)

・調査した分野 I P C B 2 5 J 1 / 0 0 - 2 1 / 0 2  
A 6 3 H 1 / 0 0 - 3 7 / 0 0

・先行技術文献 特開 2 0 0 3 - 2 0 5 4 8 4 号公報  
特開 2 0 0 3 - 2 3 6 7 8 2 号公報

特許審査第二部 生産機械 ロボティクス 松浦陽  
TEL: 03 (3581) 1101 内線 3364  
FAX: 03 (3501) 0530



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

上体と、前記上体に第一の関節を介して連結された脚部と、前記脚部の端部に第二の関節を介して連結された足部と、を備えた脚式移動ロボットであって、

前記足部は、床面に接地する接地領域を下端部に有する足平部を備え、

前記足平部は、接地時に撓みつつ自重を支持する板バネ部を備えていることを特徴とする脚式移動ロボット。

## 【請求項 2】

前記足平部は、複数の前記接地領域を備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボット。

10

## 【請求項 3】

複数の前記接地領域は、前記第二の関節に対して前後にわかれて配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の脚式移動ロボット。

## 【請求項 4】

前記接地領域の少なくとも一つは、前記第二の関節から離れるにつれて上に向かって反っていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の脚式移動ロボット。

## 【請求項 5】

前記足平部は、前記接地領域として、接地時に前記床面との間で摩擦抵抗を生じる第一足底部材を備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の脚式移動ロボット。

20

## 【請求項 6】

前記板バネ部と前記第一足底部材との間に、前記第一足底部材の接地時に前記板バネ部の振動を減衰させる第一中間部材を備えていることを特徴とする請求項 5 に記載の脚式移動ロボット。

## 【請求項 7】

前記第一中間部材は、前記第一足底部材の接地時に前記第一足底部材の前記板バネ部に対する床面方向の変位を許容することを特徴とする請求項 6 に記載の脚式移動ロボット。

## 【請求項 8】

前記足平部は、前記第一足底部材よりも上方に、接地時に前記床面との間で摩擦抵抗を生じる第二足底部材を備えていることを特徴とする請求項 5 から請求項 7 のいずれか一項に記載の脚式移動ロボット。

30

## 【請求項 9】

前記板バネ部と前記第二足底部材との間に、前記第二足底部材の接地時に前記板バネ部の振動を減衰させる第二中間部材を備えていることを特徴とする請求項 8 に記載の脚式移動ロボット。

## 【請求項 10】

前記第二中間部材は、前記第二足底部材の接地時に前記第二足底部材の前記板バネ部に対する床面方向の変位を許容することを特徴とする請求項 9 に記載の脚式移動ロボット。

## 【請求項 11】

前記足平部は、基部と、前記基部から下方にのび、底面側に前記接地領域が形成された複数の前記板バネ部と、を備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のいずれか一項に記載の脚式移動ロボット。

40

## 【請求項 12】

前記板バネ部を 4 個備え、そのうち 2 個の前記板バネ部は前記基部から前方にのび、かつ残りの 2 個の前記板バネ部は前記基部から後方にのびており、4 個の前記板バネ部および前記基部が略 H 字状をなしていることを特徴とする請求項 11 に記載の脚式移動ロボット。

## 【請求項 13】

前記板バネ部は、繊維で強化された複合部材から形成されていることを特徴とする請求

50

項 1 から請求項 1 2 のいずれか一項に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 1 4】

前記板バネ部は、弾性率の異なる複数の層からなることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか一項に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 1 5】

前記板バネ部は、多層化された板バネと、前記板バネ間に介設された粘性部材と、から構成されることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか一項に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 1 6】

前記板バネ部の振動を減衰させる減衰手段を備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 5 のいずれか一項に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 1 7】

前記板バネ部が複数あり、2 個の前記板バネ部を連結させる連結部を備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 6 のいずれか一項に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 1 8】

前記足部は、前記足平部を介して前記床面から作用する床反力を検出する床反力検出手段を備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 1 7 のいずれか一項に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 1 9】

前記床反力検出手段は、ユニット化された床反力検出器であることを特徴とする請求項 1 8 に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 2 0】

前記足平部は、前記床反力検出器に対して固定されていることを特徴とする請求項 1 9 に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 2 1】

前記足平部は、複数の前記接地領域を備えており、  
前記第二の関節の中心は、平面視で複数の前記接地領域の最遠点までの距離が最小となる位置に対してオフセットしており、  
前記床反力検出器の中心は、前記第二の関節の中心よりも平面視で複数の前記接地領域の最遠点までの距離が最小となる位置に近くなるように設けられていることを特徴とする請求項 1 9 または請求項 2 0 に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 2 2】

前記足平部は、複数の前記接地領域を備えており、  
前記床反力検出器は、平面視で複数の前記接地領域の最遠点までの距離が最小となる位置に設けられていることを特徴とする請求項 1 9 または請求項 2 0 に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 2 3】

前記床反力検出手段は、前記板バネ部の歪みを検出する歪み検出手段であることを特徴とする請求項 1 8 に記載の脚式移動ロボット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、脚式移動ロボットに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

脚式移動ロボット、特に脚式移動ロボットの足部構造に関する技術として、例えば特許文献 1 に記載の技術が知られている。特許文献 1 に記載の脚式歩行ロボットの足部は、上から順に、床反力を検出する 6 軸力センサ（床反力検出器）と、衝撃吸収機能を有するゴムブッシュを備えたバネ機構体と、足底フレームと、足底プレートと、ソールと、から構成される。

10

20

30

40

50

6軸力センサは、バネ機構体を介して足底フレームに接続されており、着地時に6軸力センサに加わる衝撃、特に斜め方向に働く衝撃をゴムブッシュが変形することによって低減することができる構成となっている。

【特許文献1】特開2003-71776号公報（段落0040～0046、図2）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、特許文献1に記載の脚式歩行ロボットは、部品点数が多く、構造が複雑であるという問題を有している。

そして、前記した脚式歩行ロボットにおいては、移動のスピード（歩行、走行）を高めることが望まれている。脚式歩行ロボットが高速で移動する場合に、脚部に大きな慣性力が生じる。かかる慣性力を小さくするために、脚部の末端側、すなわち足部の軽量化が望まれている。

10

また、脚式歩行ロボットが高速で移動する場合には、接地時に足部に加わる床反力による衝撃力も大きくなることから、脚式歩行ロボットの足部はかかる衝撃力に耐えうる構造であることが望ましい。

【0004】

本発明は、前記した背景に鑑み創案されたものであり、簡素な構造でありながら、着地時の衝撃を吸収でき、軽量化された足部を備えた脚式移動ロボットを提供することを課題とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

前記課題を解決するため、本発明の請求項1に記載の脚式移動ロボットは、上体と、前記上体に第一の関節を介して連結された脚部と、前記脚部の端部に第二の関節を介して連結された足部と、を備えた脚式移動ロボットであって、前記足部は、床面に接地する接地領域を下端部に有する足平部を備え、前記足平部は、接地時に撓みつつ自重を支持する板バネ部を備えていることを特徴とする。

【0006】

本発明において「接地領域」とは、脚式移動ロボットの移動時に床面と接地する領域のことである。

30

本発明において「自重」とは、脚式移動ロボットの自重のことである。また、「撓みつつ自重を支持する」とは、一以上の板バネ部が弾性変形し、一以上の板バネ部の弾性力によってロボットの自重を支持することを意味する。

本発明において「足平部」とは、脚式移動ロボットの足部の下部構造であり、床面からの反作用力を受ける部分である。本発明では、足平部が一以上の板バネ部を備えていることで、接地時に一以上の板バネ部が撓みつつ自重を支持する。

【0007】

また、請求項2に記載の脚式移動ロボットは、請求項1に記載の脚式移動ロボットであって、前記足平部は、複数の前記接地領域を備えていることを特徴とする。

【0008】

40

本発明において「複数の接地領域」とは、複数の分割された接地領域のことであり、例えば、板バネ部を複数設け、各板バネ部に一個ずつの接地領域を形成することによって得られる。また、一個の板バネ部に対して複数の接地領域を形成することも可能である。

このように、複数の接地領域を備えることによって、脚式移動ロボットが静止した状態であっても足平部が脚式移動ロボットをバランスよく支持することが可能となる。

【0009】

また、請求項3に記載の脚式移動ロボットは、請求項2に記載の脚式移動ロボットであって、複数の前記接地領域は、前記第二の関節に対して前後にわかれて配置されていることを特徴とする。

【0010】

50

例えば、人間を模した２足移動ロボットでは、人間の歩行に模して、足平部の後側（踵部分）から着地して前側（爪先部分）で蹴り上げるような制御が行われる。請求項３の脚式移動ロボットは、接地領域が前側および後側に配置されているので、かかる制御が好適に行われる。また、脚式移動ロボットの前進移動時には、脚式移動ロボットの前後方向に脚式移動ロボットの荷重中心が移動し、また、その荷重中心を理想的な位置に移動させる制御が行われるので、請求項３の脚式移動ロボットは、前後の接地領域によって踏ん張り、脚式移動ロボットの荷重中心を前後方向に移動させる制御が可能となる。

【００１１】

また、請求項４に記載の脚式移動ロボットは、請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の脚式移動ロボットであって、前記接地領域の少なくとも一つは、前記第二の関節から離れるにつれて上に向かって反っていることを特徴とする。

10

【００１２】

このように、接地領域の底面形状を、第二の関節から離れるにつれて上に向かって反る形状とすることで、足平部が床面に対して傾いた状態で接地する場合等でも、接地領域を好適に確保することができる。また、接地面積を大きくして床面との間の摩擦力を確保することができる。

【００１３】

また、請求項５に記載の脚式移動ロボットは、請求項１から請求項４のいずれか一項に記載の脚式移動ロボットであって、前記足平部は、前記接地領域として、接地時に前記床面との間で摩擦抵抗を生じる第一足底部材を備えていることを特徴とする。

20

【００１４】

このようにすることで、足平部が床面に対して滑りにくくなり、スリップを防止できる。また、脚式移動ロボットの脚部の力を床面に対して効率よく伝えることができる。

【００１５】

また、請求項６に記載の脚式移動ロボットは、請求項５に記載の脚式移動ロボットであって、前記板バネ部と前記第一足底部材との間に、前記第一足底部材の接地時に前記板バネ部の振動を減衰させる第一中間部材を備えていることを特徴とする。

【００１６】

このようにすることで、第一足底部材の接地時に生じる板バネ部の振動を第一中間部材によって減衰させることができ、板バネ部の振動に伴う脚式移動ロボットの姿勢の不安定化を防ぐことができる。

30

【００１７】

また、請求項７に記載の脚式移動ロボットは、請求項６に記載の脚式移動ロボットであって、前記第一中間部材は、前記第一足底部材の接地時に前記第一足底部材の前記板バネ部に対する床面方向の変位を許容することを特徴とする。

【００１８】

このようにすることで、板バネ部の撓みに伴う第一足底部材における接地位置のずれを抑えることができる。

【００１９】

また、請求項８に記載の脚式移動ロボットは、請求項５から請求項７のいずれか一項に記載の脚式移動ロボットであって、前記足平部は、前記第一足底部材よりも上方に、接地時に前記床面との間で摩擦抵抗を生じる第二足底部材を備えていることを特徴とする。

40

【００２０】

このようにすることで、階段等段差がある床面を移動する場合に、通常の接地領域に設けられた第一足底部材以外の部分が接地する場合であっても、第二足底部材が接地することによってスリップを防止できる。また、脚式移動ロボットの脚部の力を床面に対して効率よく伝えることができる。

【００２１】

また、請求項９に記載の脚式移動ロボットは、請求項８に記載の脚式移動ロボットであって、前記板バネ部と前記第二足底部材との間に、前記第二足底部材の接地時に前記板バ

50



ネ部の振動を減衰させる第二中間部材を備えていることを特徴とする。

【0022】

このようにすることで、第二足底部材の接地時に生じる板バネ部の振動を第二中間部材によって減衰させることができ、板バネ部の振動に伴う脚式移動ロボットの姿勢の不安定化を防ぐことができる。

【0023】

また、請求項10に記載の脚式移動ロボットは、請求項9に記載の脚式移動ロボットであって、前記第二中間部材は、前記第二足底部材の接地時に前記第二足底部材の前記板バネ部に対する床面方向の変位を許容することを特徴とする。

【0024】

このようにすることで、板バネ部の撓みに伴う第二足底部材における接地位置のずれを抑えることができる。

【0025】

また、請求項11に記載の脚式移動ロボットは、請求項1から請求項10のいずれか一項に記載の脚式移動ロボットであって、前記足平部は、基部と、前記基部から下方にのび、下端部側に接地領域が形成された複数の前記板バネ部と、を備えていることを特徴とする。

【0026】

このようにすることで、複数の板バネ部を有する足平部を、簡素な構造で得ることができる。板バネ部と基部とは、別体に構成されていてもよいが、一体成形することも可能である。特に板バネ部および基部を一体成形とすることによって、さらなる部品点数の削減、足部の構造の簡略化が可能となる。

【0027】

また、請求項12に記載の脚式移動ロボットは、請求項11に記載の脚式移動ロボットであって、前記板バネ部を4個備え、そのうち2個の前記板バネ部は前記基部から前方にのび、かつ残りの2個の前記板バネ部は前記基部から後方にのびており、4個の前記板バネ部および前記基部が略H字状をなしていることを特徴とする。

【0028】

ここでいう「略H字状」としては、前方・後方にそれぞれ設けられた一対の板バネ部が互いに平行であってもよく、先端部に向かってやや開くように設けられていてもよいことを意味している。

【0029】

例えば、人間を模した2足移動ロボットでは、人間の歩行に模して、足平部の後側（踵部分）から着地して前側（爪先部分）で蹴り上げるような制御が行われる。請求項12の脚式移動ロボットは、接地領域が前側および後側に配置されているので、かかる制御が好適に行われる。また、脚式移動ロボットの前進移動時には、脚式移動ロボットの前後方向に脚式移動ロボットの荷重中心が移動し、また、その荷重中心を理想的な位置に移動させる制御が行われるので、請求項12の脚式移動ロボットは、前後の接地領域によって踏ん張り、脚式移動ロボットの荷重中心を前後方向に移動させる制御が可能となる。また、一対の板バネ部が先端部に向かってやや開くように設けられている場合には、脚式移動ロボットが左右に傾いて荷重が左右方向へずれた場合であっても踏ん張りが効く。

【0030】

また、請求項13に記載の脚式移動ロボットは、請求項1から請求項12のいずれか一項に記載の脚式移動ロボットであって、前記板バネ部は、繊維で強化された複合部材から形成されていることを特徴とする。

【0031】

本発明における「繊維で強化された複合部材」の一例として、プラスチックを強化用繊維で強化した繊維強化プラスチック（FRP：Fiber Reinforced Plastic）が挙げられる。また、強化用繊維としては、炭素繊維、ガラス繊維、有機繊維、金属繊維等が好適に使用可能である。このように、板バネ部を「繊維で強化された複合部材」から形成すること

10

20

30

40

50

によって、板バネ部自身の軽量化が可能となる。

【0032】

また、請求項14に記載の脚式移動ロボットは、請求項1から請求項13のいずれか一項に記載の脚式移動ロボットであって、前記板バネ部は、弾性率の異なる複数の層からなることを特徴とする。

【0033】

このようにすることで、脚式移動ロボットの移動時等における板バネ部の振動を減衰させることができ、脚式移動ロボットの姿勢の安定化が可能である。

【0034】

また、請求項15に記載の脚式移動ロボットは、請求項1から請求項13のいずれか一項に記載の脚式移動ロボットであって、前記板バネ部は、多層化された板バネと、前記板バネ間に介設された粘性部材と、から構成されることを特徴とする。

10

【0035】

このようにすることで、脚式移動ロボットの移動時等における板バネ部の振動を減衰させることができ、脚式移動ロボットの姿勢の安定化が可能である。

【0036】

また、請求項16に記載の脚式移動ロボットは、請求項1から請求項15のいずれか一項に記載の脚式移動ロボットであって、前記板バネ部の振動を減衰させる減衰手段を備えていることを特徴とする。

【0037】

20

このようにすることで、脚式移動ロボットの移動時等における板バネ部の振動を減衰させることができ、脚式移動ロボットの姿勢の安定化が可能である。前記した第一中間部材および第二中間部材も、減衰手段の一例である。その他、液圧を利用したダンパ装置等を減衰手段として適用可能である。ダンパ装置等によれば、足平部が床面から離れた際に生じる板バネ部の振動も減衰させることが可能となる。

【0038】

また、請求項17に記載の脚式移動ロボットは、請求項1から請求項16のいずれか一項に記載の脚式移動ロボットであって、前記板バネ部が複数あり、2個の前記板バネ部を連結させる連結部を備えていることを特徴とする。

【0039】

30

このようにすることで、足平部のバネ特性、特に剛性を調整することが可能となる。この連結部は、板バネ部と一体成形されていてもよく、板バネ部と別体の連結部材を各板バネ部に取付・固定したものであってもよい。なお、この連結部の形状、設置場所、個数等は適宜変更可能である。

【0040】

また、請求項18に記載の脚式移動ロボットは、請求項1から請求項17のいずれか一項に記載の脚式移動ロボットであって、前記足部は、前記足平部を介して前記床面から作用する床反力を検出する床反力検出手段を備えていることを特徴とする。

【0041】

本発明において「床反力検出手段」とは、足平部を介して入力される床反力、詳しくは床反力の並進力および床反力のモーメントの少なくとも一方を検出するためのものであり、少なくとも1軸方向の並進力またはモーメント（例えば、床面に垂直な軸方向の力 $F_z$ ）を検出可能であればよい。

40

このように足部に床反力検出手段を設けることによって、より接地領域に近い場所での検出が可能となり、床反力をより正確に検出することができる。

【0042】

また、請求項19に記載の脚式移動ロボットは、請求項18に記載の脚式移動ロボットであって、前記床反力検出手段は、ユニット化された床反力検出器であることを特徴とする。

【0043】

50

本発明において「ユニット化」とは、ひとつの筐体内に部品を組み込んだ構成のことをいう。つまり、床反力検出手段の部品を筐体内に組み込んだものが床反力検出器である。このように、ユニット化された床反力検出器を使用することで、足部の組み立てが容易となる。

【0044】

また、請求項20に記載の脚式移動ロボットは、請求項19に記載の脚式移動ロボットであって、前記足平部は、前記床反力検出器に対して固定されていることを特徴とする。

【0045】

このようにすることで、脚式移動ロボットの足部のさらなる軽量化、簡略化が可能となる。

【0046】

また、請求項21に記載の脚式移動ロボットは、請求項19または請求項20に記載の脚式移動ロボットであって、前記足平部は、複数の前記接地領域を備えており、前記第二の関節の中心は、平面視で複数の前記接地領域の最遠点までの距離が最小となる位置に対してオフセットしており、前記床反力検出器の中心は、前記第二の関節よりも平面視で複数の前記接地領域の最遠点までの距離が最小となる位置に近くなるように設けられていることを特徴とする。

【0047】

特許文献1に記載の脚式歩行ロボットにおいては、第二の関節の中心は平面視で接地領域に対してオフセットしており、かつ第二の関節の中心および床反力検出器の中心は平面視で同じ位置に設けられていた。請求項21においては、床反力検出器の中心を平面視で第二の関節の中心に対してオフセットし、複数の接地領域の最遠点までの距離が最小となる位置に近づけたので、検出される床反力の値を小さくすることができ、床反力検出器の小型化が可能となる。

【0048】

また、請求項22に記載の脚式移動ロボットは、請求項19または請求項20に記載の脚式移動ロボットであって、前記足平部は、複数の前記接地領域を備えており、前記床反力検出器は、平面視で複数の前記接地領域の最遠点までの距離が最小となる位置に設けられていることを特徴とする。

【0049】

このように床反力検出器の位置を設定することによって、検出される床反力の値を小さくすることができ、床反力検出器の小型化が可能となる。また、入力される床反力の最大値を抑えることができるので床反力検出器が故障しにくくなる。なお、床反力検出器の筐体が前記した位置に設けられていればよく、筐体の一部が前記した位置に位置する範囲内で筐体の位置を変更可能である。特に、床反力検出器の小型化の観点から見ると、床反力検出器の中心が平面視で複数の前記接地領域の最遠点までの距離が最小となる位置に設けられていることが望ましい。

【0050】

また、請求項23に記載の脚式移動ロボットは、請求項20に記載の脚式移動ロボットであって、前記床反力検出手段は、前記板バネ部の歪みを検出する歪み検出手段であることを特徴とする。

【0051】

本発明において「歪み検出手段」とは、板バネ部の歪みを検出するためのものであり、例えば、歪みゲージ、圧電素子等を利用したものが挙げられる。板バネ部は、床反力を受けて撓む（歪む）ものであり、その歪み量は床反力と相関する。そのため、板バネ部の歪みを検出することによって、床反力を検出することができる。

このように、板バネ部の歪みを検出することによって床反力を検出する構成とすることで、さらに足部の構成を簡略化することが可能となる。

また、板バネ部の歪みを検出することによって、床面の状態を検知することが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0052】

本発明によれば、着地時の衝撃を吸収でき、足部が軽量化かつ簡略化された脚式移動ロボットを提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0053】

以下、本発明の実施形態について、本発明の脚式移動ロボットの構成を自律移動可能な2足移動ロボットに適用した場合を例にとり、適宜図面を参照しながら説明する。同様の部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。なお、位置、方向等に関する表現は、2足移動ロボットの前後方向にX軸、左右方向にY軸、上下方向にZ軸をとり、2足移動ロボットが起立姿勢をとった状態を基準として説明する。

10

## 【0054】

## &lt;2足移動ロボットR&gt;

まず、本発明の2足移動ロボットについて図1を参照して説明する。図1は、本発明に係る2足移動ロボットを示す側面図である。

図1に示すように、2足移動ロボット（以下、単に「ロボット」ともいう）Rは、人間と同じように2本の脚部R1（1本のみ図示）により起立、移動（歩行、走行等）し、上体R2、2本の腕部R3（1本のみ図示）および頭部R4を有し、自律して移動するロボットである。そして、ロボットRは、これら脚部R1、上体R2、腕部R3および頭部R4の動作を制御する制御装置搭載部R5を背負う形で背中（上体R2の後方）に備えている。

20

## 【0055】

## &lt;脚部R1の関節構造&gt;

続いて、ロボットRの脚部R1の関節構造について図2を参照して説明する。図2は、図1の脚部の関節構造を示す模式図である。

図2に示すように、ロボットRは、左右それぞれの脚部R1に6個の関節11R（L）～16R（L）を備えている。左右12個の関節は、股部に設けられた脚回旋用（Z軸まわり）の股関節11R，11L（右側をR、左側をLとする。以下同じ。）、股部のロール軸（X軸）まわりの股関節12R，12L、股部のピッチ軸（Y軸）まわりの股関節13R，13L、膝部のピッチ軸（Y軸）まわりの膝関節14R，14L、足首のピッチ軸（Y軸）まわりの足首関節15R，15L、および、足首のロール軸（X軸）まわりの足首関節16R，16Lから構成されている。そして、脚部R1の下には足部17R，17Lが取り付けられている。

30

## 【0056】

すなわち、脚部R1は、股関節11R（L），12R（L），13R（L）、膝関節14R（L）および足首関節15R（L），16R（L）を備えている。股関節11R（L）～13R（L）と膝関節14R（L）とは大腿リンク21R，21Lで、膝関節14R（L）と足首関節15R（L），16R（L）とは下腿リンク22R，22Lで連結されている。

なお、股関節11R（L）～13R（L）が特許請求の範囲における「第一の関節」の一例であり、足首関節15R（L），16R（L）が特許請求の範囲における「第二の関節」の一例である。

40

## 【0057】

脚部R1は、股関節11R（L）～13R（L）を介して上体R2に連結されている。図2では、脚部R1と上体R2との連結部を上体リンク23として簡略化して示す。また上体R2には、傾斜センサ24が設置されており、上体R2のZ軸（鉛直軸）方向に対する傾きおよび角速度を検出する。また、各関節を駆動する電動モータには、その回転量を検出するロータリエンコーダ（図示せず）が設けられる。

## 【0058】

このような構成により、脚部R1は左右の足について合計12の自由度を与えられ、歩

50

行中にこれらの  $6 \times 2 = 12$  個の関節を適宜な角度で駆動することで、足（脚部 R 1 および足部 1 7）全体に所望の動きを与えることができ、任意に 3 次元空間を歩行させることができる（この明細書で「\*」は乗算を示す）。

#### 【0059】

なお、図 2 に示すように、足首関節 1 5 R（L）、1 6 R（L）の下方には公知の 6 軸力センサ 5 2 が設けられ、ロボット R に作用する外力のうち、床面からロボット R に作用する床反力の 3 方向成分  $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$  とモーメントの 3 方向成分  $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$  とを検出する。これら 6 軸力センサ 5 2、傾斜センサ 2 4 等が検出した床反力、モーメント、傾き、角速度等に関する信号が制御装置搭載部 R 5 内に設けられた制御ユニット 2 5 に伝えられ、ロボット R の姿勢、動作等の制御に利用される。制御ユニット 2 5 は、メモリ（図示せず）に格納されたデータおよび入力された検出信号に基づいて関節駆動制御値を算出し、前記した関節を駆動する。

10

#### 【0060】

##### <ロボット R の足部 1 7>

ロボット R の足部 1 7 R（L）は、足首関節 1 5 R（L）、1 6 R（L）を介して脚部 R 1 の端部（床面側）に取り付けられており、6 軸力センサ 5 2 および足平部材 6 1 を備えている。左足（左の脚部 R 1 および足部 1 7 L）と右足（右の脚部 R 1 および足部 1 7 R）とは左右対称であるため、以下、必要のない場合には R、L を外して説明する。

#### 【0061】

##### <第一の実施形態>

まず、本発明の第一の実施形態に係るロボット R の足部 1 7 について図 3 ないし図 5 を参照して説明する。図 3 は、本発明の第一の実施形態に係る 2 足移動ロボットの足部を示す正面図である。図 4 は、本発明の第一の実施形態に係る 2 足移動ロボットの足部を示す側面図である。図 5 は、本発明の第一の実施形態に係る 2 足移動ロボットの足部を示す底面図である。図 3 ないし図 5 の脚部 R 1 および足部 1 7 は、図 1 に示すロボット R の外装部分を適宜取り除いた状態として示されている。なお、図 3 ないし図 5 には、ロボット R の左足（左の脚部 R 1 および足部 1 7 L）が示されている。

20

#### 【0062】

##### <ロボット R の足首関節>

ここで、図 3 および図 4 を参照し、ロボット R の足首関節 1 5、1 6 について簡単に説明する。ロボット R の足首関節 1 5、1 6 は、十字軸 4 1 を下腿リンク 2 2 および足部 1 7 の第一台座部 5 1 に連結することによって構成されている。

30

十字軸 4 1 は、Y 軸を回動軸線とする軸 4 1 a と、X 軸を回動軸線とする軸 4 1 b とを十字状に組み合わせた部材である。軸 4 1 a の両端部は、下腿リンク 2 2 によって回動可能に支持されている。また、軸 4 1 b の両端部は、第一台座部 5 1 によって回動可能に支持されている。すなわち、軸 4 1 a が足首関節 1 5 に相当し、軸 4 1 b が足首関節 1 6 に相当する。

#### 【0063】

また、下腿リンク 2 2 の斜め後ろには、第一ロッド 3 1 および第二ロッド 3 2 が設けられている。第一ロッド 3 1 は、下腿リンク 2 2 の右斜め後方に設けられており、十字軸 3 6 を介して第一台座部 5 1 と連結されている。第二ロッド 3 2 は、下腿リンク 2 2 の左斜め後方に設けられており、十字軸 3 7 を介して第一台座部 5 1 と連結されている。これら第一ロッド 3 1 および第二ロッド 3 2 は、その上方（例えば、下腿リンク 2 2、大腿リンク 2 1 等）に設けられた電動モータの回転によって生じた駆動力が減速機を介して伝えられることによって上下方向に進退し、足首関節 1 5、1 6 を動かし、また所定角度に維持する構成となっている。

40

#### 【0064】

例えば、足部 1 7 の爪先部分を浮かせたい場合には、第一ロッド 3 1 および第二ロッド 3 2 を下に進出させ、足部 1 7 の踵部分を浮かせたい場合には、第一ロッド 3 1 および第二ロッド 3 2 を上に退行させる。また、足部 1 7 の左右のいずれかを浮かせたい場合には

50

、浮かせたい側のロッドを上へ退行させ、他方のロッドを下へ進出させる。かかる第一ロッド 3 1 および第二ロッド 3 2 の動作は、前記した制御ユニット 2 5 によって制御される。

#### 【0065】

《ロボット R の足部 1 7》

図 3 ないし図 5 に示すように、ロボット R の足部 1 7 は、上（足首関節側）から順に、第一台座部 5 1 と、6 軸力センサ 5 2 と、第二台座部 5 3 と、足平部材 6 1 と、を備えている。

#### 【0066】

第一台座部 5 1 は、足部 1 7 の上部に設けられた部材であり、足首関節 1 5、1 6 と連結される部材である。

#### 【0067】

6 軸力センサ 5 2 は、前記したように 3 方向の床反力並進力および 3 方向の床反力のモーメントを検出する装置であり、各部品が筐体内に収められている（ユニット化）。本実施形態において、第一台座部 5 1 と 6 軸力センサ 5 2 とは複数のボルト（図示せず）により固定されている。この 6 軸力センサ 5 2 の出力は、ハーネスを介して前記制御ユニット 2 5 に入力される。

この 6 軸力センサ 5 2 が特許請求の範囲における「床反力検出手段」の一例であり、また「床反力検出器」の一例でもある。

#### 【0068】

第二台座部 5 3 は、6 軸力センサ 5 2 の下方、すなわち 6 軸力センサ 5 2 と足平部材 6 1 との間に設けられた部材であり、6 軸力センサ 5 2 と足平部材 6 1 とを互いに固定するための部材である。本実施形態において、6 軸力センサ 5 2 と第二台座部 5 3 とは複数のボルト（図示せず）により固定され、第二台座部 5 3 と足平部材 6 1 とは複数のボルト（図示せず）により固定されている。このように、6 軸力センサ 5 2 と足平部材 6 1 とを第二台座部 5 3 を介して固定する構成としたので、足部 1 7 の構造の簡略化、軽量化が達成される。なお、足部 1 7 の各部材の組付構造は前記したものに限定されない。

#### 【0069】

足平部材 6 1 は、第二台座部 5 3 の下方に取り付けられた部材であり、床面と接地する足平部の主要部分を構成している。この足平部材 6 1 が特許請求の範囲における「足平部」の一例である。

この足平部材 6 1 は、板バネ本体 6 2、第一中間部材 6 3、第一足底部材 6 4、第二中間部材 6 5 および第二足底部材 6 6 を備えている。

板バネ本体 6 2 は、撓みつつロボット R の自重を支持する部分であり、主に基部 6 2 a と、基部 6 2 a から伸びるバネ部 6 2 b と、から構成される。本実施形態において、板バネ本体 6 2 は、バネ部 6 2 b の基端部が基部 6 2 a に連結された形状に一体成形された部材である。

基部 6 2 a は、平板形状を有しており、第二台座部 5 3 の底面に沿う形状を有している。後記するバネ部 6 2 b の基端部が、この基部 6 2 a に連結されており、バネ部 6 2 b は、基部 6 2 a との連結部分を基端部とした板バネとして機能する。

バネ部 6 2 b は、基部 6 2 a の端部から、角度  $\theta$ （図 4 参照）で下向きに伸びるバネ部分である。本実施形態では、4 個のバネ部 6 2 b<sub>1</sub>、6 2 b<sub>2</sub>、6 2 b<sub>3</sub>、6 2 b<sub>4</sub>があり、バネ部 6 2 b<sub>1</sub>、6 2 b<sub>2</sub>は基部 6 2 a から前方（爪先方向）に伸びており、バネ部 6 2 b<sub>3</sub>、6 2 b<sub>4</sub>は基部 6 2 a から後方（踵方向）に伸びている。これら各バネ部 6 2 b<sub>1</sub>、6 2 b<sub>2</sub>、6 2 b<sub>3</sub>、6 2 b<sub>4</sub>は、同一形状、同一強度、同一性能（弾性率）とすることが望ましい。

角度  $\theta$  は、最大床反力  $F_z$  が作用した際に基部 6 2 a が床面に接地しない最小の角度に設定されていることが望ましい。ここでいう最大床反力  $F_z$  は、例えば、ロボット R が最高速度で走行し片足で接地した際に作用する反力である。かかる設定により、バネ部 6 2 b（6 2 b<sub>1</sub>～6 2 b<sub>4</sub>）の弾性力によってロボット R の自重を支持しつつ、基部 6 2 a が

10

20

30

40

50

接地して6軸力センサ52に悪影響を与えることを防ぐことができる。

#### 【0070】

この板バネ本体62は、バネ部62bが板バネとして機能することが可能な素材であればよく、例えば、金属部材（鋼、アルミニウム合金、マグネシウム合金等）から形成されている場合には、所望の強度や剛性を得つつ板バネ本体62の軽量化を図ることができる。この際、強化用繊維の繊維方向をバネ部62bの基端部から先端部へ向かう方向（長手方向）と一致させることによって、バネ部62bの強度を確保することができる。

また、各バネ部62bの繊維方向を変えることによって異方性を持たせ、各バネ部62bのバネ特性を変えることもできる。

強化用繊維としては、炭素繊維、ガラス繊維、有機繊維、金属繊維等が好適である。

この板バネ本体62は、一体成形された部材であることが望ましい。1個の基部62aに複数のバネ部62b（本実施形態では4個）が取り付けられた構成を有する板バネ本体62を一体成形することによって、さらなる部品点数の削減、および足部の構造の簡略化が可能となる。

#### 【0071】

第一中間部材63は、バネ部62bの底面の接地領域に対応する部分、すなわち下端部側（本実施形態では先端部側と同一）に取り付けられた減衰部材であり、接地時に生じるバネ部62bの振動を減衰させる機能を有している。この中間部材63は特許請求の範囲における「減衰手段」の一例でもある。この第一中間部材63は減衰機能を備えた素材から形成されたものであればよく、例えば、発泡樹脂等から形成されたものが好適である。また、第一中間部材63の代わりの減衰手段として、液圧を利用したダンパ装置等を設置する構成であってもよい。このダンパ装置は、第一中間部材63と併用可能である。

#### 【0072】

第一足底部材64は、第一中間部材63の底面に取り付けられた部材であり、足平部材61の下端部に位置し、移動時に実際に床面に接地する部材である。この第一足底部材64は、床面との間に発生する摩擦抵抗により滑り止めの機能を発揮する部材である。この第一足底部材64は滑り止め機能を備えた素材から形成されたものであればよく、例えば、ゴムから形成されたものが好適である。この第一足底部材64の底面が、特許請求の範囲における「接地領域」である。

#### 【0073】

第二中間部材65は、バネ部62bの底面の中間部分に取り付けられた減衰部材であり、後記する第二足底部材66が接地した際に生じるバネ部62bの振動を減衰させる機能を有している。この第二中間部材65は第一中間部材63と同様に、減衰機能を備えた素材から形成されたものであればよく、例えば発泡樹脂等から形成されたものが好適である。

#### 【0074】

第二足底部材66は、第二中間部材65の底面に取り付けられた部材であり、前記した第一足底部材64と同様に、床面との間に発生する摩擦抵抗により滑り止めの機能を発揮する部材である。この第二足底部材66は、第一足底部材64よりも上方に位置している。

#### 【0075】

本実施形態において、4個の板バネ部S1、S2、S3、S4は、それぞれバネ部62bから構成されている。さらに詳しくは、板バネ部S1は、バネ部62b<sub>1</sub>から構成され、板バネ部S2は、バネ部62b<sub>2</sub>から構成され、板バネ部S3はバネ部62b<sub>3</sub>から構成され、板バネ部S4はバネ部62b<sub>4</sub>から構成されている。そして各板バネ部S1、S2、S3、S4の先端に設けられた第一足底部材64が接地した際には、これら各板バネ部S1、S2、S3、S4が弾性変形しつつ、弾性変形した状態の各板バネ部S1、S2、S3、S4によってロボットRの自重、詳しくはロボットRのバネ部62bよりも上部の構造による荷重全体を支持する構成となっている。そのため、簡易な構成でありながらロ

10

20

30

40

50



ボット R の自重を支持し、さらに床反力による衝撃を吸収することができる。また、衝撃吸収能を高めることによって、ロボット R の移動（歩行、走行）速度を高めることが可能となる。

【0076】

また、ゴムブッシュ等が不要となり、足部 17 の軽量化が可能となる。かかる軽量化により、脚部 R 1 にかかる慣性力が小さくなるので、高速移動に適した構造となる。

【0077】

また、各板バネ部 S 1, S 2, S 3, S 4 および基部 6 2 a は、平面視略 H 字状に配置されている。かかる構成により、接地領域が前側および後側に 2箇所ずつ配置され、かつそれぞれ前後にのびるように配置された各板バネ部 S 1, S 2, S 3, S 4 のバネ特性が前後方向の荷重制御に適しているので、かかる足平構造は、2足移動の制御や、前後の接地領域によって踏ん張り、ロボット R の荷重中心を前後方向に移動させる制御に適している。また、板バネ部 S 1, S 2 および板バネ部 S 3, S 4 の各組が先端部に向かってやや開くように設けられているので、ロボット R が左右に傾いて荷重が左右方向へずれた場合であっても踏ん張りが効く。

【0078】

また、床面形状に凹凸がある場合等には、各板バネ部 S 1 ~ S 4 のうちのいずれかが浮いた（接地していない）状態となることが考えられる。このような場合には、板バネ部 S 1 ~ S 4 の曲げバネ特性（ロール剛性、ピッチ剛性）が非線形的に変化してしまう。そのため、制御ユニット 2 5 は、6 軸力センサ 5 2 からの信号等に基づいて、全ての板バネ部 S 1 ~ S 4 が接地して撓むように目標足平位置姿勢を修正し、ロボット R が目標床反力を発生させるような姿勢をとるように制御している。かかる目標足平位置姿勢の修正量は、6 軸力センサ 5 2 の検出値から推測した板バネ部の浮き具合に応じて非線形演算で算出される。

【0079】

ここで、ロボット R の足部 17 を真下に下ろして接地させる場合について図 6 を参照して説明する。図 6 は、第一の実施形態に係る 2 足移動ロボットの足部の接地状態の例を示す模式図であり、（a）は接地初期を示す図、（b）はロボット自重が加わった状態を示す図、（c）は（a）の要部拡大模式図、（d）は（b）の要部拡大模式図である。

まず、図 6（a）に示すように、各板バネ部 S 1, S 2, S 3, S 4（うち S 2, S 4 のみ図示）の先端に設けられた第一足底部材 6 4（接地領域）が均等に接地する。さらに各板バネ部 S 1 ~ S 4 に荷重が加わると、各バネ部 6 2 b に床反力が作用してバネ部 6 2 b が撓む。この際、バネ部 6 2 b の角度が  $\theta'$ （ $\theta' < \theta$ ）となり、接地領域の上側となるバネ部 6 2 b の点 P 2 が、接地領域の点 P 1 に対して外側にずれる（図 6（c）、（d）参照）。つまり、板バネ部 S 2, S 4 の底面側の接地点 P 1, P 1 間の距離が、L（a）から L（b）へと広がる（L（b）>L（a））。ここで角度  $\theta$  が大きいと、このずれも大きくなるので、前記したような範囲で角度  $\theta$  を小さく設定することが望ましい。また、第一中間部材 6 3 は、第一足底部材 6 4 のバネ部 6 2 b に対する床面方向の変位も許容するので、図 6（b）に示すように、バネ部 6 2 b の撓みに伴う接地領域の床面に対する滑りを抑えることが可能となる。したがって、かかる滑りによる反力およびモーメントが 6 軸力センサ 5 2 に入力されて、ロボット R の姿勢の制御の障害となることを抑えることができる。また、第一中間部材 6 3 の素材や厚さを変更することによって、滑りの許容量や減衰能を適宜設定することができる。

【0080】

ここで、図 5 を参照して、接地領域の最遠点までの距離が最小となる位置 P a と、6 軸力センサの中心 P b と、足首関節の中心 P c との関係について説明する。

本実施形態において、6 軸力センサの中心 P b（ここでは、6 軸力センサ 5 2 の Z 軸方向感度中心と一致する。）は、ロボット R の起立静止状態において板バネ部 S 1 ~ S 4 の底面側に設けられた接地領域のうち、平面視（図 5 では底面視）での最遠点までの距離が最小となる位置（接地領域の中心ともいう。）P a（以下、単に「位置 P a」と記載する



。)の上方に設けられている。本実施形態では、各板バネ部 $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 、 $S4$ の底面の接地領域それぞれの最遠点までの距離 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ が等しくなっている。

かかる構成によると、移動時に6軸力センサ52に作用する荷重の最大値を抑えることができ、6軸力センサ52の小型化が可能である。また、6軸力センサ52を足部17に設け、接地領域に近づけたことにより、床反力およびモーメントのより正確な測定が可能となる。

#### 【0081】

なお、接地領域が正多角形状に配置されている場合には、各接地領域から6軸力センサ52までの距離が等しくなるように配置することになる。また、6軸力センサ52に変えて、少なくとも1軸の床反力またはモーメント（例えば、Z軸方向の床反力の並進力 $F_z$ ）を検出する床反力検出器を用いる構成であってもよい。

10

#### 【0082】

また、本実施形態において、足首関節の中心 $P_c$ は、平面視で位置 $P_a$ に対してオフセットしている。ここでは、軸41aおよび軸41b（図3参照）の交点が足首関節の中心 $P_c$ に相当する。この足首関節の中心 $P_c$ は、位置 $P_a$ よりもロボットRの後方に設けられている。このように足首関節15、16が足平部材61の接地領域に対して後方にオフセットしている理由については後記する。

なお、足首関節の中心 $P_c$ は、さらに足平部材61の接地領域の内側（ロボットRの中心側）にもオフセットしている構成であってもよい。足首関節の中心 $P_c$ を内側にオフセットすることにより、隣接する足部17R、17Lの足平部材61同士の干渉を防ぎ、かつ接地面積を確保してロボットRの姿勢の安定性を維持することができる。

20

#### 【0083】

また、本実施形態において、6軸力センサの中心 $P_b$ が位置 $P_a$ 上に設けられるようにしたが、6軸力センサの中心 $P_b$ は、少なくとも平面視で足首関節の中心 $P_c$ よりも位置 $P_a$ に近くなるように設けられていればよい。言い換えると、6軸力センサの中心 $P_b$ は、平面視で位置 $P_a$ を中心とし、位置 $P_a$ 、足首関節の中心 $P_c$ 間の長さを半径とする円Cの内部にあればよい。例えば、位置 $P_a$ 、足首関節の中心 $P_c$ を結ぶ線分上に6軸力センサの中心 $P_b$ が位置する構成であってもよい。かかる構成であっても、移動時に6軸力センサ52に作用する荷重の最大値を抑えることができ、6軸力センサ52の小型化が可能である。特に、6軸力センサの中心 $P_b$ が位置 $P_a$ 上にある場合には、6軸力センサ52の小型化という効果を最大に発揮することができる。

30

#### 【0084】

また、図4に示すように、板バネ部 $S1 \sim S4$ の下端部（先端部）は、足首関節15、16から離れるにつれて上に向かって反る形状を有しており、その底面に設けられた第一足底部材64も同様の形状を有している。これは、かかるロボットRの歩行の制御が、踵部分から接地して爪先部分で蹴り上げるようになっているため、接地時および蹴り上げ時に接地する面積を大きくし、床面との間の摩擦力を確保することを可能とするためである。また、接地領域を面で確保できるので、ロボットRの姿勢の安定化にもつながる。

#### 【0085】

ここで、ロボットRの前進移動（歩行）時における板バネ部 $S1 \sim S4$ の接地状態の変化について図7を参照して説明する。図7は、第一の実施形態に係る2足移動ロボットの前進移動（歩行）時における足平部の接地状態の変化を説明する模式図である。

40

まず、宙に浮いた足平部材61を着地させる場合には、踵部分の板バネ部 $S3$ 、 $S4$ に設けられた第一足底部材64（接地領域）から接地させる（図7（a））。そして全ての板バネ部 $S1 \sim S4$ の接地領域の全体が接地する（図7（b））。そして、踵部分の板バネ部 $S3$ 、 $S4$ の接地領域を浮かせて、爪先部分の板バネ部 $S1$ 、 $S2$ の接地領域だけで接地し、蹴り上げることによって全ての板バネ部 $S1 \sim S4$ の接地領域を浮かせる（図7（c））。かかる動作を左右の脚部R1に行わせることによって、ロボットRが前進移動する。このように、板バネ部 $S1 \sim S4$ の下端部（先端部）が上に向かって反っているので、着地時（図7（a））や蹴り上げ時（図7（c））のように足部17が床面に対して

50

斜めになっても接地領域を好適に確保することが可能となる。なお、かかる反りは、ロボット R の進行方向において足首関節 15, 16 から離れるにつれて板バネ部 62b が上に向かって反るように設定されているのが好ましく、各板バネ部の先端部の反り具合は適宜変更可能である。また、接地領域の少なくとも一つが反っていればよく、接地領域の全てが反っている構成であってもよい。

#### 【0086】

続いて、ロボット R が段差のある床面を移動する場合について説明する。図 8 は、第一の実施形態に係る 2 足移動ロボットが段差のある床面を移動する場合を説明する模式図である。

図 8 に示すように、床面に段差がある場所を移動する場合には、バネ部 62b (62b<sub>1</sub>, 62b<sub>2</sub>) を図示) の第一足底部材 64 が設けられていない部分が接地するおそれがある。しかし、バネ部 62b の中間部分に第二足底部材 66 を設けているので、このような場合であっても第二足底部材 66 が接地し、バネ部 62b、すなわち板バネ部が直接接地することによる不具合 (滑りの発生等) を解消することができる。

#### 【0087】

続いて、足首関節 15, 16 が足平部材 61 の接地領域の後方にオフセットしている理由について、ロボット R が高速移動 (走行) する場合を例にとり説明する。図 9 は、第一の実施形態に係る 2 足移動ロボットが高速移動する場合を説明する模式図であり、(a) は足首関節が足平部に対して後方にオフセットしている図、(b) は足首関節が足平部の前後方向中心に位置している図である。なお、図 9 (b) において、図 9 (a) と同様の部分には「'」を付加した符号を用いる。

図 9 (a) に示すように、足首関節 15, 16 は、足平部材 61 に対して後方にオフセット (偏倚) している。この場合には、足首関節 15', 16' から足平部材 61 の接地部分の前方先端までの距離  $L_a$  が長くなる ( $L_a > L_a'$ )。ロボット R が高速移動 (走行) する場合には、膝関節 14 を深く折り曲げ、足平部材 61 の爪先部分に床反力  $F$  が集中する状態が生じる。このとき、膝関節 14 に生じるモーメントは、 $F * L_b$  となる。一方、図 9 (b) に示すように、足首関節 15', 16' が、足平部材 61' の前後方向中心に位置している場合に膝関節 14' に生じるモーメントは、 $F' * L_b'$  となる。ここで、 $L_b < L_b'$  であるので、 $F = F'$  とすると  $F * L_b < F' * L_b'$  が成立する。これは、高速移動時に膝関節 14 を駆動 (屈曲) した場合において、足首関節 15, 16 を足平部材 61 に対して、膝関節 14 の足平部材 61 に対する相対移動方向 (本実施形態では前方) と反対方向 (本実施形態では後方) にオフセットさせた場合に成立する。そして、足首関節 15, 16 の足平部材 61 に対する後方へのオフセット量を大きくすると、高速移動時における膝関節 14 にかかる負担をより抑えることができることを意味している。

#### 【0088】

##### <第二の実施形態>

続いて本発明の第二の実施形態に係るロボット R の足部について、第一の実施形態との相違点を中心に説明する。

図 10 は、本発明の第二の実施形態に係る 2 足移動ロボットの足部を示す側面図である。図 10 に示すように、第二の実施形態に係る足部 117 は、6 軸力センサ 52 の代わりに歪み検出手段 152 を備えている。そして、第一台座部 51 と板バネ手段 61 とが複数のボルト (図示せず) により固定されている。

歪み検出手段 152 は、板バネ部の歪み、詳しくはバネ部 62b の歪みを検出するものである。板バネ部の歪みは板バネ部に入力される床反力と相関するので、板バネ部の歪み量を検出することによって床反力を検出することができる。検出された歪み量は、ハーネスを介して制御ユニット 25 に伝えられ、ロボット R の姿勢、移動等の制御に使用される。かかる歪み検出手段 152 としては、各バネ部 62b に取り付けられた 1 以上の歪みゲージまたは圧電素子が好適である。

かかる歪み検出手段 152 が検出する床反力は、少なくとも 1 軸 (例えば、Z 軸方向の

床反力  $F_z$ ) であればよく、前記した 6 軸力センサ 5 2 と同様に 6 軸であることが望ましい。

#### 【0089】

このように歪み検出手段 1 5 2 を設けることにより、床反力検出器 5 2 を省略することが可能となり、足部 1 7 のさらなる軽量化が可能となる。また、板バネ部 S 1 ～ S 4 の歪みを検出することによって、床面の形状を検知することができる。

#### 【0090】

##### < 第三の実施形態 >

続いて、本発明の第三の実施形態に係るロボット R の足部について、第一の実施形態との相違点を中心に説明する。

図 1 1 は、本発明の第三の実施形態に係る 2 足移動ロボットの足部を示す側面図である。図 1 1 に示すように、第三の実施形態に係る足部 2 1 7 は、足平部材 6 1 の代わりに多層化された足平部材 2 6 1 を備えている。

#### 【0091】

足平部材 2 6 1 は、多層化された複数の板バネ本体 2 6 2、2 6 2 と、これら板バネ本体 2 6 2、2 6 2 間に介設された粘性部材 2 6 5 と、を備えている。つまり、足部 2 1 7 は、上から順にバネ部 2 6 2 b、粘性部材 2 6 5 およびバネ部 2 6 2 b から構成され、多層化された板バネ部 S 2 1 ～ S 2 4 (S 2 2、S 2 4 のみ図示) を備えており、介設された粘性部材 2 6 5 によって接地時等における板バネ部 S 2 1 ～ S 2 4 の振動を減衰可能な構成となっている。なお、多層化された板バネ本体 2 6 2、2 6 2 のうち、多層化された

#### 【0092】

この粘性部材 2 6 5 は、減衰機能を有する素材から形成されていればよく、例えば、隣接する板バネ本体 2 6 2 に貼着されたゴム等が好適である。

かかる構成においては、粘性部材 2 6 5 が前記した中間部材 6 3 の機能も備えているため、中間部材 6 3 を省略することもできる。

ここでは、足平部材 2 6 1 全体を多層化する構成としたが、少なくとも板バネ部 S 2 1 ～ S 2 4 が多層化されていればよい。

#### 【0093】

##### < 第四の実施形態 >

続いて、本発明の第四の実施形態に係るロボット R の足部について、第一の実施形態との相違点を中心に説明する。

図 1 2 は、本発明の第四の実施形態に係る 2 足移動ロボットの足部を示す下面図である。図 1 2 に示すように、第四の実施形態に係る足部 3 1 7 は、板バネ部 S 1、S 2 間、S 3、S 4 間にそれぞれ架け渡された連結部 3 6 6、3 6 7 を備えている。

連結部 3 6 6 は、板バネ部 S 1、S 2 間に架け渡されて両者の基端部側および基部 6 2 a を連結しており、両板バネ部 S 1、S 2 の挙動をシンクロさせる機能を有している。また、連結部 3 6 7 は、板バネ部 S 3、S 4 間に架け渡されて両者の基端部側および基部 6 2 a を連結しており、両板バネ部 S 3、S 4 の挙動をシンクロさせる機能を有している。かかる連結部 3 6 6、3 6 7 は、基部 6 2 a およびバネ部 6 2 b と一体成形されている。

かかる構成によると、板バネ部のロール方向またはピッチ方向の剛性を調整することができる。かかる連結部を用いない場合には、ロール剛性はピッチ剛性よりも小さくなる。つまり、剛性を確保したい任意の 2 個の板バネ部の間に連結部を架け渡す構成であればよい。また、連結部は基部 6 2 a から離れて形成されていてもよい。

また、一体成形された連結部ではなく、別体の連結部材を板バネ部間に架け渡す構成であってもよい。連結部材としては、所定の剛性を有する棒状または長板状の部材が好適である。また、連結部材と各板バネ部との連結は、ピン等の留め具によるものであってもよい。

10

20

30

40

50

## 【0094】

## ＜板バネ部の変形例＞

本発明の板バネ部の形状については様々な変更例が考えられる。以下、本発明の脚式移動ロボットの板バネ部の変形例について説明する。図13および図14は、本発明の脚式移動ロボットの板バネ部の変形例を示す底面図である。

## 【0095】

図13(a)の板バネ部S1, S2, S3, S4は、第一ないし第四実施形態で説明したように、略H字状に配置されている。板バネ部S1, S2、および板バネS3, S4がそれぞれX軸から開いていくように設けられているので、ロボットRがY軸（左右）方向に転倒しようとする力にも対抗できる。かかる開きの角度は適宜変更可能である。これら板バネ部は、X軸およびY軸についてそれぞれ線対称となっており、これら4個の板バネ部S1, S2, S3, S4は、同一バネ係数、同一長、同一形状であることが望ましい。このようにすることで、前進および後進のいずれにも同じようなバネ特性を発揮することができる。

10

## 【0096】

図13(b)の板バネ部S51, S52, S53は、Y字状に配置されている。前方に2個の板バネ部S51, S52が設けられているので、特に前進移動に向いている。

## 【0097】

図13(c)の板バネ部S54, S55, S56, S57は、H字状に配置されている。つまり、板バネ部S54, S56、板バネ部S55, S56の組がそれぞれ前後にのびる同一直線上に配置され、各組が平行となっている。これら板バネ部は、X軸およびY軸についてそれぞれ線対称となっており、これら4個の板バネ部S54, S55, S56, S57は、同一バネ係数、同一長、同一形状であることが望ましい。このようにすることで、前進および後進のいずれにも同じようなバネ特性を発揮することができる。

20

## 【0098】

図13(d)の板バネ部S58, S59は、I字状に配置されている。板バネ本体の形状がシンプルであり、加工が容易である。

## 【0099】

図14(a)の板バネ部S1, S2, S3, S4, S60, S61は、図13(a)に示したものに、さらに左右方向にそれぞれ板バネ部S60, S61が配置されている。この板バネ部S60, S61によって、さらに左右方向への転倒に強い構成となっている。なお、2足移動ロボットに適用する場合には、左右の脚部R1に対して、外側方向にのみ板バネ部S60または板バネ部S61を備える構成であってもよい。

30

## 【0100】

図14(b)の板バネ部S62, S63, S64, S65, S66は、その接地領域が正五角形の頂点となるように配置されている。例えば一個の板バネ部が浮いた状態であっても、残りの4個の板バネ部が接地していれば、かかる4個の板バネ部の接地領域からなる四角形内にロボットの荷重重心が残るため、転倒しにくい構成となっている。

## 【0101】

図14(c)の板バネ部S67, S68, S69, S70は、十字状に配置されている。図14(b)、(c)に示した構成は、3足以上を有し、方向特異性を持たないロボットに好適である。

40

## 【0102】

図14(d)の板バネ部S71, S72は、基部62aの前後に配置されている。板バネ部S71(S72)は、バネ部62bからなり、バネ部62bの先端部底面には、左右(Y軸)方向に延びる板材67が取り付けられている。そして、板材67の左右両端には、第一足底部材64が取り付けられている。このようにすることで、一つの板バネ部に対して複数の接地領域を形成することができる。

## 【0103】

これら各形状の板バネ部は、前記した第一ないし第四の実施形態の構成と組み合わせる

50

ことが可能であり、また、その他の形状の板バネ部であってもよい。

【0104】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は前記実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で適宜設計変更可能である。例えば、ロボットRは、図示した2足移動ロボットに限定されず、1本の脚部のみを備えた脚式移動ロボットまたは3本以上の脚部を備えた脚式移動ロボットであってもよい。

また、脚式移動ロボットの移動方式も、歩行に限定されず、スキップ、走行、跳ぶ等による移動であってもよい。

また、足首関節およびその駆動構造も前記したものに限定されない。

また、上腿リンク21、下腿リンク22、第一台座部51、第二台座部53等の材料も適宜変更可能であり、これら各部材は、例えば、所定の強度を有する合金（チタン合金、マグネシウム合金等）からなるものであってもよい。

また、第一中間部材63および第二中間部材65を一体化した中間部材に、第一足底部材64および第二足底部材66を一体化した足底部材に、それぞれ置き換えることも可能である。

また、板バネ部の底面側に各種中間部材および足底部材を備える構成としたが、板バネ部の振動や滑りの影響が小さい床面で使用する場合等には、中間部材および足底部材を省略することも可能である。

また、第一台座部51、第二台座部53の形状も適宜変更可能であり、これらを6軸力センサ52の筐体と一体とすることも可能である。また、板バネ部が取り付けられる基部の形状も変更可能であり、板バネ部を第二台座部53や6軸力センサ52の筐体に直接取り付けられる構成であってもよい。かかる場合には、第二台座部53や6軸力センサ52が基部となる。

また、板バネ部の数、形状も適宜変更可能であり、複数の板バネを組み合わせの一つの板バネ部を構成することも可能である。

また、板バネ部の上方に、板バネ部が所定量以上変形することを防ぐ板バネ部変形規制部を備える構成であってもよい。かかる板バネ部変形規制手段としては、例えば、板バネ部の上方に離隔して設けられるフランジ部と、このフランジ部の底面に設けられた突起と、を備え、板バネ部が所定量変形した場合に板バネ部が突起に当接し、それ以上の変形を規制する構成が挙げられる。このようにすることで、ある板バネ部に過大な床反力が入力される場合であっても、板バネ部の変形量を規制し、板バネ部の破損を防ぐことができる。

また、足首関節の中心Pcの位置Paに対するオフセットの方向、距離も適宜設計変更可能であり、足首関節の中心Pcが位置Pa上に位置していてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0105】

【図1】本発明に係る2足移動ロボットを示す側面図である。

【図2】図1の脚部の関節構造を示す模式図である。

【図3】第一の実施形態に係る2足歩行ロボットの足部を示す正面図である。

【図4】第一の実施形態に係る2足歩行ロボットの足部を示す側面図である。

【図5】第一の実施形態に係る2足歩行ロボットの足部を示す底面図である。

【図6】第一の実施形態に係る2足歩行ロボットの足部の接地状態の例を説明する模式図である。

【図7】第一の実施形態に係る2足歩行ロボットの前進移動（歩行）時における足平部の接地状態の変化を説明する模式図である。

【図8】第一の実施形態に係る2足歩行ロボットが段差のある床面を移動する場合を説明する模式図である。

【図9】第一の実施形態に係る2足移動ロボットが高速移動する場合を説明する模式図である。

【図10】第二の実施形態に係る2足移動ロボットの足部を説明する側面図である。

【図 1 1】 第三の実施形態に係る 2 足移動ロボットの足部を説明する側面図である。

【図 1 2】 第四の実施形態に係る 2 足移動ロボットの足部を説明する底面図である。

【図 1 3】 脚式移動ロボットの板バネ部の変形例を説明する模式図である。

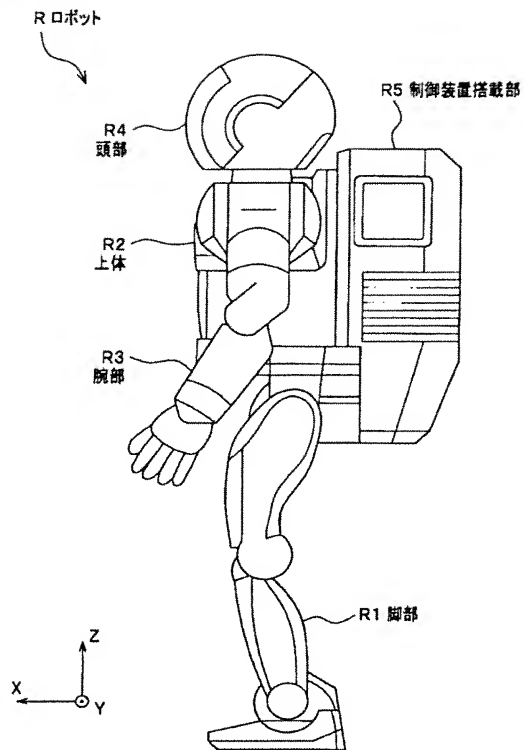
【図 1 4】 脚式移動ロボットの板バネ部の変形例を説明する模式図である。

【符号の説明】

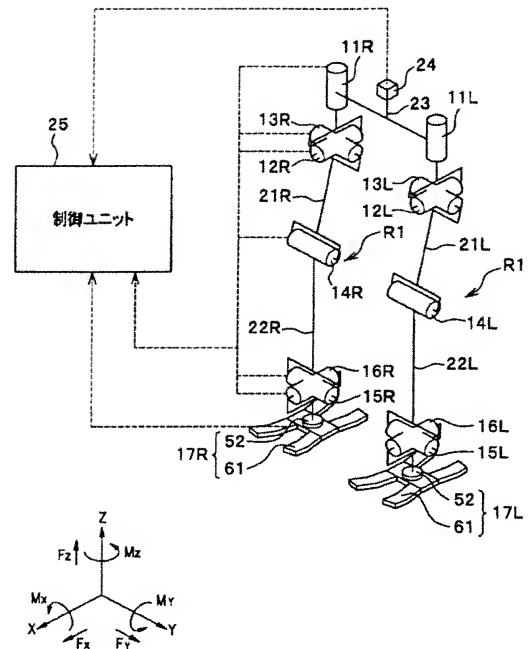
【 0 1 0 6 】

1 1 R, 1 1 L	関節（股関節、第一の関節）	
1 2 R, 1 2 L	関節（股関節、第一の関節）	
1 3 R, 1 3 L	関節（股関節、第一の関節）	
1 5 R, 1 5 L	関節（足首関節、第二の関節）	10
1 6 R, 1 6 L	関節（足首関節、第二の関節）	
1 7 R, 1 7 L, 1 7, 1 1 7, 2 1 7, 3 1 7	足部	
5 1	第一台座部	
5 2	6 軸力センサ（床反力検出手段、床反力検出器）	
5 3	第二台座部	
6 1	足平部材（足平部）	
6 2	板バネ本体	
6 2 a	基部	
6 2 b, 2 6 2 b	バネ部	
6 3	第一中間部材	20
6 4	第一足底部材	
6 5	第二中間部材	
6 6	第二足底部材	
1 5 2	歪み検出手段	
2 6 5	粘性部材	
3 6 6, 3 6 7	連結部材	
P a	接地領域の最遠点までの距離が最小となる位置	
P b	6 軸力センサの中心（床反力検出器の中心）	
P c	足首関節の中心（第二の関節の中心）	
R	2 足移動ロボット（脚式移動ロボット）	30
R 1	脚部	
R 2	上体	
S 1 ~ S 4, S 2 1 ~ S 2 4, S 5 1 ~ S 7 2	板バネ部	

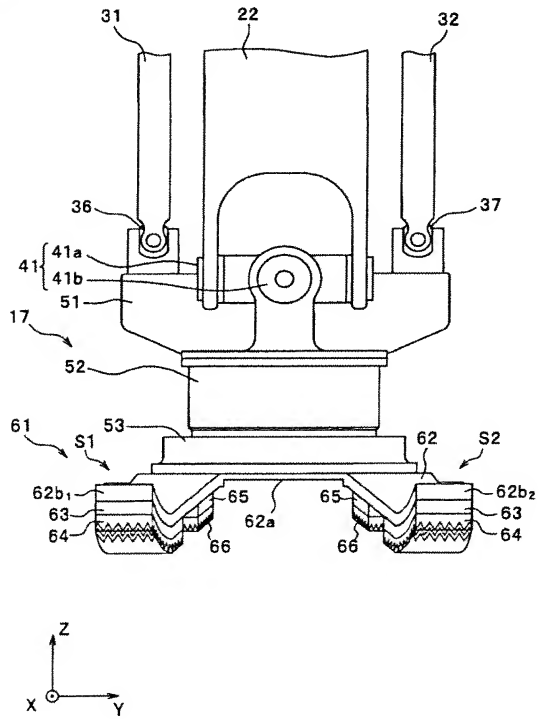
【図 1】



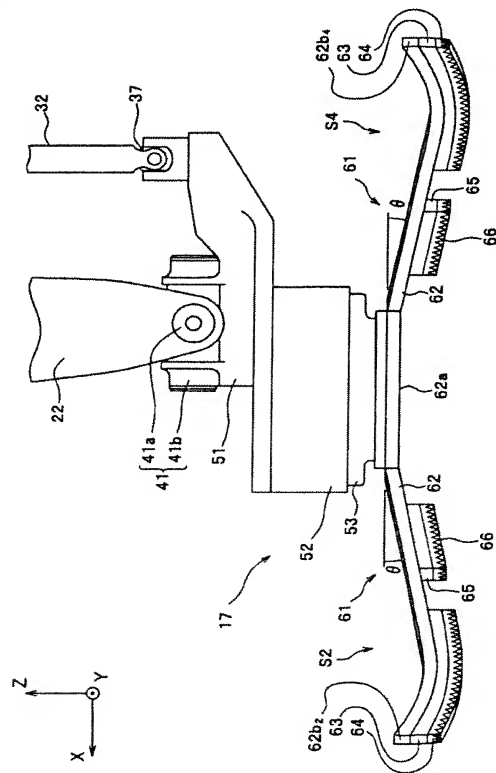
【図 2】



【図 3】



【図 4】

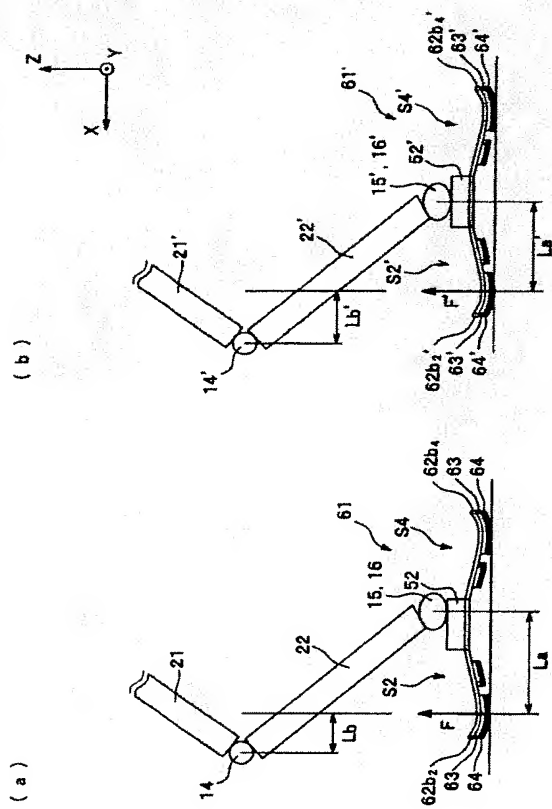




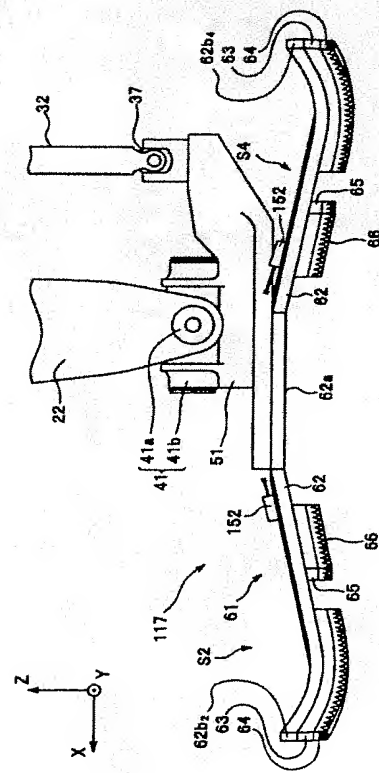




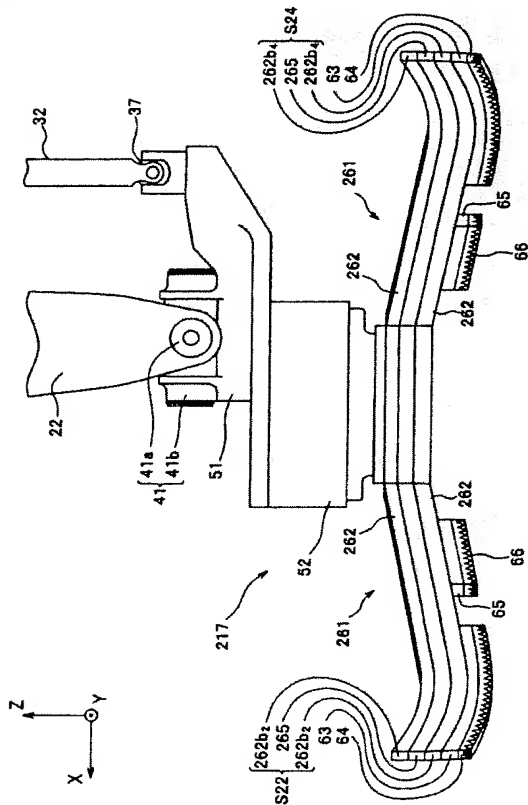
【図 9】



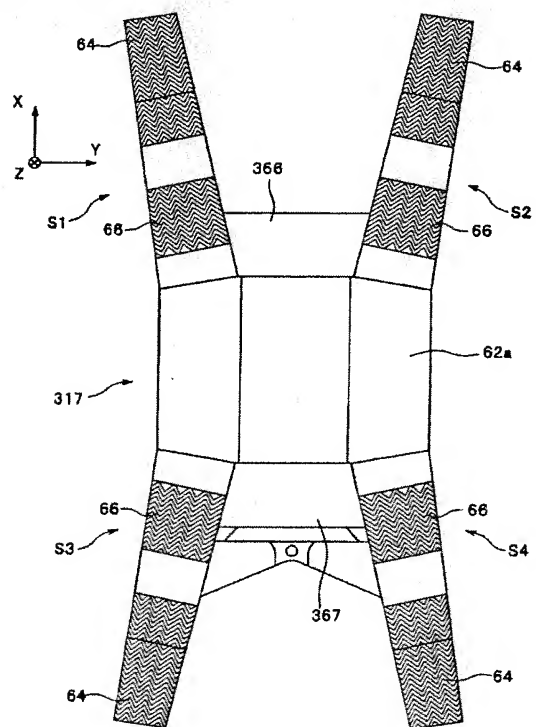
【図 10】



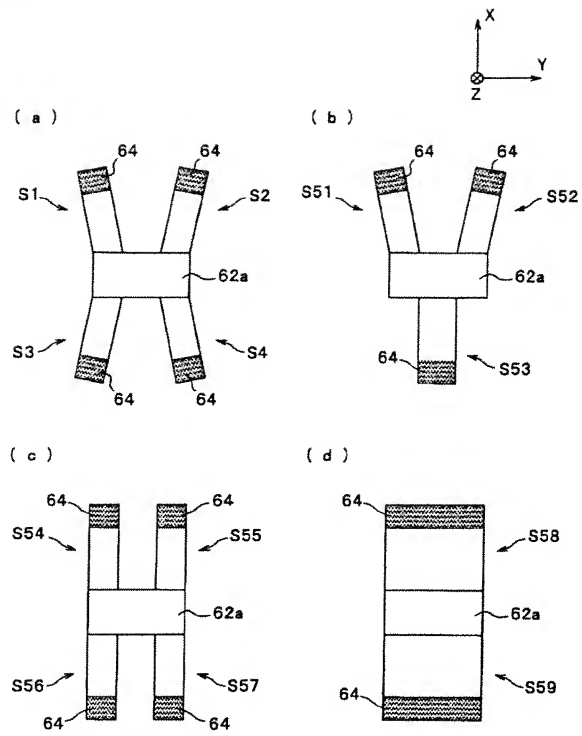
【図 11】



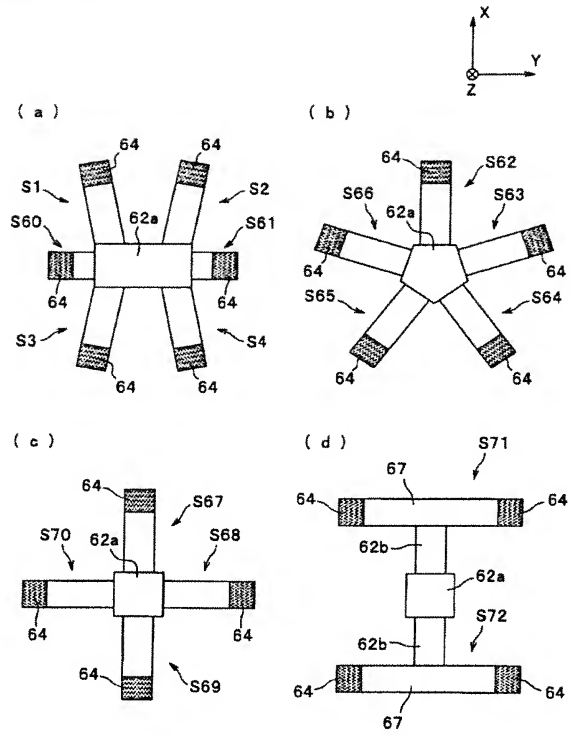
【図 12】



【図 13】



【図 14】



---

フロントページの続き

(72)発明者 五味 洋

埼玉県和光市中央1丁目4番1号

株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 浜谷 一司

埼玉県和光市中央1丁目4番1号

株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 2C150 CA01 DA04 DA28 EBO1 EB37 EDOO EF16 EF23 EHO7 FB14

FB42 FB43

3C007 CS08 HT36 KS34 KX12 WA03 WA13 WC23